

Title	Species diversification through parallel freshwater adaptation in Rhinogobius gobies(Abstract_要旨)
Author(s)	Yamasaki, Yo
Citation	Kyoto University (京都大学)
Issue Date	2017-03-23
URL	https://doi.org/10.14989/doctor.k20208
Right	学位規則第9条第2項により要約公開
Type	Thesis or Dissertation
Textversion	none

(続紙 1)

京都大学	博 士 (理 学)	氏名	山崎 曜
論文題目	Species diversification through parallel freshwater adaptation in <i>Rhinogobius</i> gobies (ハゼ科ヨシノボリ属における平行的な淡水適応を通じた種多様化)		
(論文内容の要旨)			
<p>種分化のパターンとプロセスを明らかにすることは、生物の多様化を理解する上で重要である。これまでの種分化研究では、系統樹上での種多様化過程と個々の種分化における生殖隔離の進化が、別々に追究されることが多かった。そのため、集団間の生殖隔離の進化と種多様化の関係はよくわかっていない。しかし、それらの関係を追究する上で、系統内に様々な種分化様式が含まれる場合には、すべての構成種の生殖隔離の進化過程を明らかにするのは実質的に困難である。この場合、単一もしくは少数の種分化様式のみが関係した平行的な進化が見られる系を対象にすることが有効だと考えられる。ヨシノボリ属 (<i>Rhinogobius</i>) は、東アジアから東南アジアに分布し、淡水性のハゼ科魚類としては最も種多様性が高いグループである。本属は回遊性の生活史をもつ種が多いが、淡水性の生活史をもつ種も半分弱知られている。本研究では、平行的に生じたと予想される回遊性種から淡水性種への種分化に着目した。まず本属の淡水性種の出現の回数や時期を明らかにし、さらに淡水性集団と回遊性集団の間の生殖隔離が進化しやすい環境条件の解明を目的とした。それらに基づき、本属における生殖隔離が進化した集団の成立条件と系統的な種多様化過程の関係を議論した。</p> <p>まず、淡水性種の起源を解明するため、日本産のヨシノボリ属全 18 種の系統関係を明らかにした (第 2 章)。6 領域の核 DNA 塩基配列に基づき推定された系統樹から、日本および琉球列島において、少なくとも 4 回、おそらく 5 回の淡水化を伴う種分化が生じたと推定された。このうち 4 回は、約 100 万年前と比較的最近に生じたと推定されたが、残りの 1 回は約 200-500 万年前と比較的古い時期に生じたと推定された。以上から、本属の種多様化において、頻繁な淡水性種の分化が重要であったことが示唆された。またミトコンドリア DNA と核 DNA の系統樹の比較から、海水面変動の大きかった更新世前・中期 (約 150 万年前) に、日本産のほぼ全種を巻き込んだ大規模な種間交雑が生じたことが明らかとなった。</p> <p>次に、淡水性集団が種分化しやすい環境条件を推定するため、琉球列島に分布する淡水性種キバラヨシノボリの多起源性に着目した (第 3 章)。既報と前章において、本種は両側回遊性のクロヨシノボリから多系統的に派生したことが示唆されたため、網羅的な標本採集に基づき、淡水集団の分化の回数と地理的な単位 (河川、島、列島全体) を推定した。そして生態系サイズによってキバラヨシノボリの種分化確率が説明されるかどうかを検討した。マイクロサテライトマーカー 20 座の多型データを用いた解析から、キバラヨシノボリは基本的に島ごとに 5 回起源したと推定された。また種分化は遺伝子流動を伴いながら進行したと推定された。繰り返した生じた生態分化と</p>			

遺伝子流動を伴う種分化は、2 種の間生殖隔離の進化が分岐自然選択によって促進されたことを強く示唆する。さらに、キバラヨシノボリの種分化確率は生態系サイズの代表値である島の面積と正の相関を示した。この生態系サイズと種分化確率の間の相関関係は、生殖隔離の進化を促進する要素である分岐自然選択の強さと、新規集団の成立に関わる未利用な空間の大きさの両方が、生態系サイズと正の相関をもつために生じたと推察された。

以上をもとに、総合考察（第 4 章）では、淡水性種と回遊性種の間生殖隔離の進化過程、種分化確率と生態系サイズの相関、および種間交雑の原因と種多様化への影響について議論した。最後に、ヨシノボリ属における種多様化を淡水性集団の種分化確率と生態系サイズの相関から説明する新しい仮説とその検証方法について議論した。

（論文審査の結果の要旨）

本論文は、淡水性ハゼ科魚類ヨシノボリ属の種多様化機構を、分子系統学および集団遺伝学的アプローチにより解明しようとした研究である。ヨシノボリ属は東アジアから東南アジアに分布し、淡水性のハゼ科魚類としては最も種多様性が高い。本属は基本的に両側回遊性の生活史、つまり生活史の初期に降海と遡河を行う回遊性を示すが、一生を淡水域で過ごす河川性または湖沼性の種も少なからず存在する。申請者、山崎曜氏は、本属の高い種多様性の生成機構を解明するために、この淡水域への適応に注目し、まず種多様化過程でどの程度淡水適応が頻繁に起こったかを明らかにすることを試みた。そのうえで、島嶼域に分布する一つの種群で繰り返しみられる淡水性種の種分化を詳細に研究し、種分化をもたらしやすい環境条件を明らかにすることにより、新規環境への侵入・適応にともなう生殖隔離の発達と種多様化パターンの関係の理解を目指した。

まず本論文では、種分化と系統的種多様化に関する最近の進化学研究をレビューしながら、共通要因に基づく比較的単純な種分化機構に注目する本研究の位置づけを行っている（第 1 章）。

第 2 章では、ヨシノボリ属における淡水性種の起源を解明するために、日本産全 18 種を中心とする種間の系統関係を、複数の核 DNA 塩基配列に基づき推定した。得られた系統樹から、日本および琉球列島における淡水化をともなう種分化の回数と時期を推定し、淡水進出をはじめとする生活史進化の種多様化における重要性を明確にした。さらにミトコンドリア DNA と核 DNA の系統樹の比較から、過去に日本産のほぼ全種を巻き込んだ大規模な種間交雑が生じたことを明らかにした。本属の多様化と進化史に関する説得力のある新たなシナリオを提示した本章の内容は、種多様化パターンに関する質の高いケーススタディとして評価される。

第 3 章では、琉球列島に分布する淡水性種（キバラヨシノボリ）の多起源性に着目し、淡水性集団が種分化しやすい環境条件を明らかにすることを試みている。網羅的な試料収集とマイクロサテライト分析に基づく遺伝子合祖シミュレーション等の

詳細な集団遺伝学的解析に基づき、淡水性種が、基本的に異なる島ごとに両側回遊性の祖先種から起源し、その種分化が遺伝子流動をとめないながら進行したものであることを明らかにした。さらに淡水性種の種分化確率が、島の面積などで代表される生態系サイズと正の相関を示すことを明らかにし、本種群の一連の進化過程を詳細に論議した。本章は、反復的な種分化を効果的に利用することにより、生殖隔離の成立機構と種多様化パターンの関係の理解に向けた価値ある成果をあげた研究として、高く評価することができる。

最後に総合考察（第 4 章）では、ヨシノボリ属における生活史進化や種間交雑の種多様化への影響について議論が行われている。さらに島嶼域と大陸部での種多様化パターンの違いを予測する新たな仮説とその検証方法を中心に、一般性の高い展望が提示されている。

以上のとおり、本研究は、これまで多くの研究者に興味をもたれながらも、多数の未解明な問題が存在したヨシノボリ属の種多様化パターンと進化機構に関して、豊富なデータと最新の解析方法を駆使して追究し、生物の環境適応から種多様化に至る一連の過程に関する理解を深めることに貢献したものと高く評価される。

よって、本論文は博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成 29 年 1 月 18 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。

要旨公表可能日： 年 月 日以降